

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-139317

(43)Date of publication of application : 22.05.2001

(51)Int.Cl.

C01B 31/02
B82B 3/00
H01J 9/02

(21)Application number : 11-318121

(71)Applicant : NATL INST OF ADVANCED INDUSTRIAL
SCIENCE & TECHNOLOGY METI
NIPPON ALUM CO LTD

(22)Date of filing : 09.11.1999

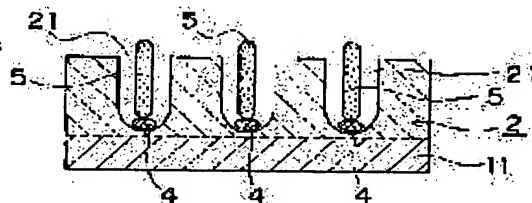
(72)Inventor : IGASAKI FUMIKAZU
ICHITSUBO HIROKAZU
YUMURA MORIO
OSHIMA SATORU
UCHIDA KUNIO
KURIKI YASUNORI
KOMATSU TOSHIYOSHI
NISHIZAKA TOSHIAKI
YAMADA KIKUO
HAGINO SEIJI

(54) METHOD FOR MANUFACTURING UNIDIRECTIONALLY ARRAYED CARBON TUBE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method capable of forming carbon tubes with good orientation.

SOLUTION: This method for manufacturing the unidirectionally arrayed carbon tubes has a metallic particulate forming process for forming metallic particulates by an electrolytic treatment in pores 21 of an anodically oxidized aluminum film 2, a sulfide particulate forming process for sulfiding these metallic particulates and a carbon tube forming process for depositing and growing the carbon tube 5 in the pores 21 with the sulfide particulates 4 as start points by cracking gas containing a carbon component.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-139317

(P2001-139317A)

(43)公開日 平成13年5月22日(2001.5.22)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 0 1 B 31/02	1 0 1	C 0 1 B 31/02	1 0 1 F 4 G 0 4 6
B 8 2 B 3/00		B 8 2 B 3/00	
H 0 1 J 9/02		H 0 1 J 9/02	B

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-318121

(22)出願日 平成11年11月9日(1999.11.9)

(71)出願人 301000011

経済産業省産業技術総合研究所長

東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74)上記1名の復代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外1名)

(71)出願人 000004732

株式会社日本アルミ

大阪府大阪市淀川区三国本町3丁目9番39号

(74)上記1名の代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外1名)

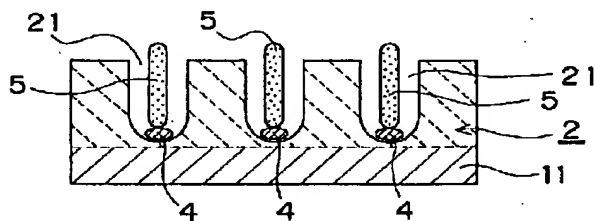
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 一方向配列カーボンチューブの製造方法

(57)【要約】

【課題】 カーボンチューブを配向性良く形成できる方法を提供すること。

【解決手段】 アルミニウム陽極酸化皮膜2の細孔21中に、電解処理によって金属微粒子を生成させる、金属微粒子生成工程と、該金属微粒子を硫化する、硫化物微粒子形成工程と、750～950℃の条件下で、炭素成分を含むガスを分解させて、硫化物微粒子4を起点として細孔21中にカーボンチューブ5を析出・成長させる、カーボンチューブ生成工程とを備えたことを特徴とする一方向配列カーボンチューブの製造方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アルミニウム陽極酸化皮膜の細孔中に、電解処理によって金属微粒子を生成させる、金属微粒子生成工程と、

該金属微粒子を硫化する、硫化物微粒子形成工程と、750～950℃の条件下で、炭素成分を含むガスを分解させて、上記硫化物微粒子を起点として細孔中にカーボンチューブを析出・成長させる、カーボンチューブ生成工程とを備えたことを特徴とする一方向配列カーボンチューブの製造方法。

【請求項 2】 アルミニウム陽極酸化皮膜が、予め、アルミニウムよりも高融点であるバンプ金属からなる基板上に接合されている請求項 1 記載の一方向配列カーボンチューブの製造方法。

【請求項 3】 金属微粒子生成工程後に、アルミニウム陽極酸化皮膜の母材を除去し、更に、バリアー層がある場合にはそれも除去して、細孔の底部に、ガスの通過が可能な貫通孔を形成する請求項 1 記載の一方向配列カーボンチューブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、カーボンチューブを、一方向に向いて配列した状態に、即ち、配向性良く、形成する、形成方法に関するものである。

【0002】

【従来技術及びその課題】 カーボンチューブは、カーボン繊維より計算上ヤング率が高く、また、半導体的性質を有していることから、近年、その用途開発が盛んに行われている。代表的利用例としては、図 12 に示す冷陰極放出素子が知られている。冷陰極放出素子において、冷陰極基板 7 上にカーボンチューブ 8 を載せると、電子が放出されやすくなるので、カーボンチューブは冷陰極放出素子に有効に利用されている。なお、図 12 において、9 は電流計である。

【0003】 ところで、冷陰極放出素子に利用されている従来のカーボンチューブ 81 は、図 12 の A 部拡大図に相当する図 13 に示すようにランダムな方向に成長したものであった。仮に、図 12 の A 部拡大図に相当する図 14 に示すようにカーボンチューブ 82 が一方向に向いて配列したものであると、冷陰極放出素子における電子の放出効率の向上が期待される。しかし、従来一般のアーク放電法では、一方向に向いて配列したカーボンチューブを得ることはできなかった。

【0004】 そこで、カーボンチューブを、一方向に向いて配列した状態に、即ち、配向性良く、形成する方法が、種々検討されている。その方法としては、例えば、次の(1)、(2)が知られているが、いずれも充分なものではなかった。

【0005】 (1) 「サイエンス(science)、282、1105 (1998)」に記載の方法がある。この方法

は、ニッケルで被覆されたガラス基板に、アンモニアガス中でエッチングを行った後、アセチレンガスの分解によってカーボンチューブを生成させるものである。しかしながら、この方法では、整列したカーボンチューブを得ることはできるが、空間的制約がないために、チューブ密度の調整が困難であり、また、細い径のチューブが曲がってしまう、という問題があった。

【0006】 (2) 特開平 10-12124 号公報に記載の方法がある。この方法は、アルミニウム陽極酸化皮膜の細孔中に、金属触媒の作用により、カーボンチューブを成長させるものである。しかしながら、この方法では、反応温度が高すぎることなどに起因して、実際には、整列したカーボンチューブを良好に得ることはできない。

【0007】 本発明は、カーボンチューブを配向性良く形成できる方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の発明は、アルミニウム陽極酸化皮膜の細孔中に、電解処理によって金属微粒子を生成させる、金属微粒子生成工程と、該金属微粒子を硫化する、硫化物微粒子形成工程と、750～950℃の条件下で、炭素成分を含むガスを分解させて、上記硫化物微粒子を起点として細孔中にカーボンチューブを析出・成長させる、カーボンチューブ生成工程とを備えたことを特徴とする一方向配列カーボンチューブの製造方法である。

【0009】 金属微粒子生成工程で生成させる金属微粒子の原料としては、ニッケル、鉄、コバルト、モリブデンなどが挙げられる。

【0010】 カーボンチューブ生成工程において、ガスに含ませる炭素成分としては、メタン、エタンなどの飽和炭化水素、エチレン、アセチレンなどの不飽和炭化水素、ベンゼン、ヘキサンなどの芳香族炭化水素などが挙げられる。これらの炭素成分は、単独で又は 2 種以上混合して用いることができ、更には、水素や不活性ガスと混合して用いてもよい。

【0011】 請求項 1 記載の発明によれば、図 3 に示すように、金属微粒子生成工程により、陽極酸化皮膜 2 の細孔 21 中に金属微粒子 3 が生成する。なお、ここでは、陽極酸化皮膜 2 は、図 1 に示すアルミニウム基板 1 の表面を陽極酸化処理することにより、図 2 に示すように形成されている。図 2 において、11 はアルミニウム母材である。なお、ここでは、バリアー層 22 が形成されているが、バリアー層 22 があれば、電圧を印加する場合の抵抗が大きくなり、金属微粒子 3 の生成効率が低下するので、バリアー層 22 は無い方が好ましい。次に、硫化物微粒子形成工程により、金属微粒子 3 が硫化されて硫化物微粒子 4 となる。そして、図 4 に示すように、カーボンチューブ生成工程により、硫化物微粒子 4 を起点として細孔 21 中にカーボンチューブ 5 が析出・

成長する。この際、カーボンチューブ 5 は細孔 21 中に成長するので、得られたカーボンチューブ 5 は一方に向けて配列した状態となっている。カーボンチューブ生成工程における温度条件が 750℃より小さいと、タングル状のカーボンチューブが生成してしまい、950℃より大きいと、陽極酸化皮膜にクラックが発生してしまうので、カーボンチューブ生成工程における温度条件は 750～950℃である必要がある。また、金属微粒子 3 が硫化物微粒子 4 となっているので、1000℃以下でのカーボンチューブの合成が可能となっている。

【0012】請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、アルミニウム陽極酸化皮膜が、予め、アルミニウムよりも高融点であるバルブ金属からなる基板上に接合されているものである。

【0013】バルブ金属としては、タングステン、モリブデン、チタン、タンタルなどが挙げられる。

【0014】アルミニウム陽極酸化皮膜とバルブ金属との接合は、バルブ金属にアルミニウムをスパッタ又は蒸着する方法、又は、バルブ金属とアルミニウム薄膜とを圧着又はクラッドする方法を用いて行うことができる。

【0015】請求項 2 記載の発明においては、図 5 に示すように、バルブ金属からなる基板 6 上にアルミニウム薄膜 10 を接合させて形成しておき、アルミニウム薄膜 10 を陽極酸化処理して、図 6 に示すように、陽極酸化皮膜 20 を形成する。その後は、図 3 の場合と同様に、図 7 に示すように、陽極酸化皮膜 20 の細孔 21 中に金属微粒子 3 が形成され、図 4 の場合と同様に、図 8 に示すように、金属微粒子 3 が硫化されて硫化物微粒子 4 となった後に、硫化物微粒子 4 を起点として細孔 21 中にカーボンチューブ 5 が析出・成長する。

【0016】請求項 2 記載の発明によれば、陽極酸化皮膜 20 がバルブ金属からなる基板 6 に接合されているので、陽極酸化皮膜 20 を、カーボンチューブ生成工程における高温に晒しても、陽極酸化皮膜 20 に歪みが生じることはない。従って、大面積の陽極酸化皮膜 20 を形成して多量のカーボンチューブ 5 を得ることが可能となる。

【0017】請求項 3 記載の発明は、請求項 1 記載の発明において、金属微粒子生成工程後に、アルミニウム陽極酸化皮膜の母材を除去し、更に、バリアー層がある場合にはそれも除去して、細孔の底部に、ガスの通過が可能な貫通孔を形成するものである。

【0018】陽極酸化皮膜のアルミニウム母材を除去する方法としては、プロモメタノール溶液に浸漬して溶解する方法を用いることができる。バリアー層を除去する方法としては、アルゴンスパッタによる方法を用いることができる。

【0019】請求項 3 記載の発明においては、図 3 に示すように陽極酸化皮膜 2 の細孔 21 中に金属微粒子 3 が析出した状態において、アルミニウム母材 11 を除去

し、更に、バリアー層 22 がある場合にはバリアー層 22 を除去することによって、図 9 に示すように陽極酸化皮膜 2 のみが残る。図 9 の状態では、細孔 21 の底部には貫通孔 23 ができている。そして、図 4 の場合と同様に、図 10 に示すように、金属微粒子 3 が硫化されて硫化物微粒子 4 となった後に、硫化物微粒子 4 を起点として細孔 21 中にカーボンチューブ 5 が析出・成長する。この際、細孔 21 においては、貫通孔 23 を通って炭素成分を含むガスが流通するために、細孔 21 中に炭素成分が効率良く供給されるので、カーボンチューブ 5 の析出・成長は効率良く行われる。

【0020】

【発明の実施の形態】（実施形態 1）純アルミニウム基板（材質：A1100P-H24、大きさ：7mm×7mm、厚さ 0.4mm）を、①：陽極酸化皮膜形成工程、②：金属微粒子生成工程、③：硫化物微粒子形成工程、④：カーボンチューブ生成工程を、順に経るよう処理した。

①100g/l のリン酸溶液中にて、25℃、電圧 60V で、15 分間陽極酸化処理し、10V まで電圧を回復させ、その状態で 1 分間保持し、その後、電圧を印加しないで 5 分間浸漬させたままとした。これにより、純アルミニウム基板表面にバリアー層の無い厚さ 2.4μm の陽極酸化皮膜を得た。

②ニッケル-ホウ酸溶液に浸漬させて、交流電圧 30V を 30 秒間印加した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔の底にニッケルの微粒子が析出した。なお、陽極酸化皮膜の表面に析出したニッケルは希硝酸で溶解除去した。

③5%硫化水素を含む水素気流中にて、400℃で 2 時間熱処理した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔に析出していたニッケルの微粒子が硫化された。

④電気炉中にて、アルゴン雰囲気下で 800℃まで昇温させた後、5%アセチレンを含むアルゴン雰囲気下で 800℃で 10 分間熱処理した。

【0021】陽極酸化皮膜表面を SEM 観察したところ、SEM 写真である図 11 に示すように、真っ直ぐに一方に向けて配列したカーボンチューブが認められた。

【0022】（比較形態 1）実施形態 1 と同じく①、②、④の処理を行ったが、③は行わなかった。

【0023】陽極酸化皮膜表面を SEM 観察したところ、タングル状のカーボンチューブが認められた。

【0024】（考察 1）実施形態 1 及び比較形態 1 から、一方に向けて配列したカーボンチューブを得るためには金属微粒子 3 を硫化することが必要であると言える。

【0025】（比較形態 2）実施形態 1 と同じく①、②、③の処理を行ったが、④の処理は次のように行った。即ち、5%アセチレンを含むアルゴン雰囲気下で、800℃まで 20 分間で昇温させた後、そのまま 800

℃で10分間熱処理した。

【0026】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、真っ直ぐに一方向に向いて配列したカーボンチューブと、タングル状のカーボンチューブとが、混在して認められた。

【0027】(考察2)比較形態2においては、800℃までの昇温過程における低温時に、タングル状のカーボンチューブが生成したものと考えられる。従って、実施形態1及び比較形態2から、一方向に向いて配列したカーボンチューブを得るためにはカーボンチューブ生成工程における温度が一定温度以上であることが必要であると言える。

【0028】(実施形態2)純アルミニウム基板(材質:A1100P-H24、大きさ:7mm×7mm、厚さ0.4mm)を、①:陽極酸化皮膜形成工程、②:金属微粒子生成工程、③:硫化物微粒子形成工程、④:カーボンチューブ生成工程を、順に経るよう処理した。
①30g/lのシュウ酸溶液中にて、20℃、電圧60Vで、12分間陽極酸化処理し、10Vまで電圧を回復させ、その状態で1分間保持した。その後、100g/lのリン酸溶液中にて、25℃、電圧25Vで、20分間陽極酸化処理した後、電圧を印加しないで5分間浸漬させたままとした。これにより、純アルミニウム基板表面にバリア層の無い厚さ7.8μmの陽極酸化皮膜を得た。

②鉄溶液に浸漬させて、交流電圧14Vを30秒間印加した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔の底に鉄の微粒子が析出した。なお、陽極酸化皮膜の表面に析出した鉄は希硝酸で溶解除去した。

③5%硫化水素を含む水素気流中にて、400℃で2時間熱処理した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔に析出していた鉄の微粒子が硫化された。

④電気炉中にて、アルゴン雰囲気下で850℃まで昇温させた後、5%エタンを含むアルゴン雰囲気下で850℃で10分間熱処理した。

【0029】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、真っ直ぐに一方向に向いて配列したカーボンチューブが認められた。

【0030】(比較形態3)実施形態2と同じく①、②、③、④の処理を行ったが、④の処理における温度を700℃とした。

【0031】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、タングル状のカーボンチューブが認められた。

【0032】(比較形態4)実施形態2と同じく①、②、③、④の処理を行ったが、④の処理における温度を1000℃とした。

【0033】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、真っ直ぐに一方向に向いて配列したカーボンチューブが認められたが、陽極酸化皮膜全面にクラックが認められ、皮膜が一部欠落している部分も認められた。

【0034】(実施形態3)チタン板(材質:工業用純チタン、大きさ:40mm×40mm、厚さ2mm)表面に純アルミニウム(99.99%)を真空蒸着して、約3μmのアルミニウム薄膜を形成し、①:陽極酸化皮膜形成工程、②:金属微粒子生成工程、③:硫化物微粒子形成工程、④:カーボンチューブ生成工程を、順に経るよう処理した。

①100g/lのリン酸溶液中にて、25℃、電圧60Vで、30分間陽極酸化処理し、10Vまで電圧を回復させ、その状態で1分間保持し、その後、電圧を印加しないで5分間浸漬させたままとした。これにより、バリア層の無い厚さ4.1μmの陽極酸化皮膜を得た。

②ニッケル-ホウ酸溶液に浸漬させて、交流電圧30Vを30秒間印加した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔の底にニッケルの微粒子が析出した。なお、陽極酸化皮膜の表面に析出したニッケルは希硝酸で溶解除去した。

③5%硫化水素を含む水素気流中にて、400℃で2時間熱処理した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔に析出していたニッケルの微粒子が硫化された。

④電気炉中にて、アルゴン雰囲気下で750℃まで昇温させた後、5%ヘキサンを含むアルゴン雰囲気下で750℃で10分間熱処理した。

【0035】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、真っ直ぐに一方向に向いて配列したカーボンチューブが認められた。更に、陽極酸化皮膜断面をSEM観察したところ、陽極酸化皮膜とチタン板との間にアルミニウム薄膜は認められなかった。

【0036】(実施形態4)純アルミニウム基板(材質:A1100P-H24、大きさ:40mm×40mm、厚さ0.4mm)を、①:陽極酸化皮膜形成工程、②:金属微粒子生成工程、③:アルミニウム母材除去工程、④:硫化物微粒子形成工程、⑤:カーボンチューブ生成工程を、順に経るよう処理した。

①170g/lの硫酸溶液中にて、20℃、電圧20Vで、11分間陽極酸化処理した後、100g/lのリン酸溶液中にて、25℃、電圧25Vで、20分間陽極酸化処理した。これにより、純アルミニウム基板表面に厚さ5.7μmの陽極酸化皮膜を得た。

②ニッケル-ホウ酸溶液に浸漬させて、交流電圧30Vを30秒間印加した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔の底にニッケルの微粒子が析出した。なお、陽極酸化皮膜の表面に析出したニッケルは希硝酸で溶解除去した。

③プロモメタノール溶液に浸漬して、純アルミニウム基板を完全に溶解除去した後、陽極酸化皮膜のバリア層をアルゴンスパッタにより除去した。これにより、陽極酸化皮膜のみが残り、陽極酸化皮膜の細孔の底部には、ガスの通過が可能な貫通孔が形成された。

④5%硫化水素を含む水素気流中にて、400℃で2時間熱処理した。これにより、陽極酸化皮膜の細孔に析出していたニッケルの微粒子が硫化された。

⑤電気炉中にて、アルゴン雰囲気下で950℃まで昇温させた後、5%エチレンを含むアルゴン雰囲気下で950℃で10分間熱処理した。

【0037】陽極酸化皮膜表面をSEM観察したところ、真っ直ぐに一方方向に向いて配列したカーボンチューブが認められた。

【0038】(考察3)実施形態1~4から明らかなように、一方方向に向いて配列したカーボンチューブは、カーボンチューブ生成工程における温度が750℃、800℃、850℃、及び950℃で得られている。一方、比較形態3からは、カーボンチューブ生成工程における温度が700℃では一方方向に向いて配列したカーボンチューブは得られないことがわかる。また、比較形態4からは、カーボンチューブ生成工程における温度が1000℃では一方方向に向いて配列したカーボンチューブは得られても陽極酸化皮膜にクラックが発生するために実用的なカーボンチューブが得られないことがわかる。従って、一方方向に向いて配列したカーボンチューブを得るためのカーボンチューブ生成工程における温度条件は、750~950℃であると言える。

【0039】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、真っ直ぐに一方方向に向いて配列したカーボンチューブを得ることができる。

【0040】請求項2記載の発明によれば、大面積の陽極酸化皮膜を形成して多量のカーボンチューブを得ることができる。

【0041】請求項3記載の発明によれば、真っ直ぐに一方方向に向いて配列したカーボンチューブを効率良く得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1記載の発明の出発材料であるアルミニウム基板の縦断面図である。

【図2】図1の次工程後の状態、即ち図1のアルミニウム基板に陽極酸化皮膜を形成した状態を示す縦断面図である。

【図3】図2の次工程後の状態、即ち図2の陽極酸化皮膜の細孔中に金属微粒子を生成させた状態を示す縦断面図である。

【図4】図3の次工程後の状態、即ち図3の陽極酸化

皮膜の細孔中の金属微粒子を硫化した後にカーボンチューブを生成させた状態を示す縦断面図である。

【図5】請求項2記載の発明の出発材料である、パルプ金属基板に接合されたアルミニウム基板を示す縦断面図である。

【図6】図5の次工程後の状態、即ち図5のアルミニウム基板を陽極酸化処理して陽極酸化皮膜を形成した状態を示す縦断面図である。

【図7】図6の次工程後の状態、即ち図6の陽極酸化皮膜の細孔中に金属微粒子を生成させた状態を示す縦断面図である。

【図8】図7の次工程後の状態、即ち図7の陽極酸化皮膜の細孔中の金属微粒子を硫化した後にカーボンチューブを生成させた状態を示す縦断面図である。

【図9】請求項3記載の発明において、図3の次工程後の状態、即ち図3の状態から陽極酸化皮膜のみを残した状態を示す縦断面図である。

【図10】図9の次工程後の状態、即ち図9の陽極酸化皮膜の細孔中の金属微粒子を硫化した後にカーボンチューブを生成させた状態を示す縦断面図である。

【図11】結晶の構造を示す、図面に代わる写真であって、実施形態1で得られたカーボンチューブを示すSEM写真である。

【図12】カーボンチューブの代表的利用例である冷陰極放出素子の構成図である。

【図13】図12のA部拡大図に相当し、タングル状のカーボンチューブを示す側面図である。

【図14】図12のA部拡大図に相当し、一方方向に向いて配列したカーボンチューブを示す側面図である。

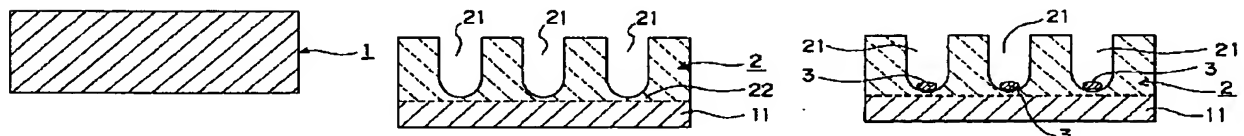
【符号の説明】

- 11 アルミニウム母材
- 2 陽極酸化皮膜
- 21 細孔
- 22 バリヤー層
- 23 貫通孔
- 3 金属微粒子
- 4 硫化物微粒子
- 5 カーボンチューブ
- 6 (パルプ金属からなる) 基板

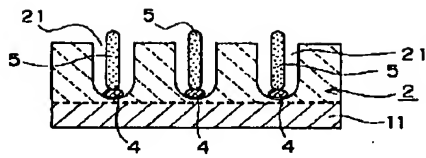
【図1】

【図2】

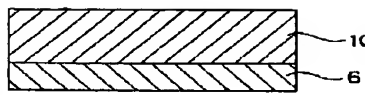
【図3】



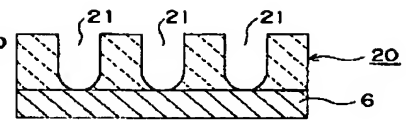
【図4】



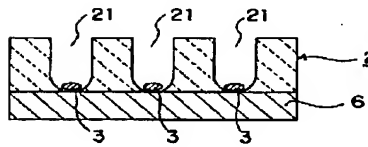
【図5】



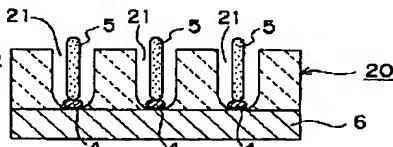
【図6】



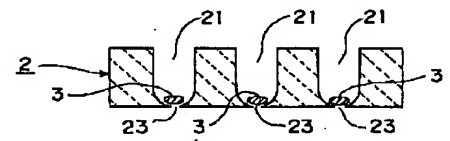
【図7】



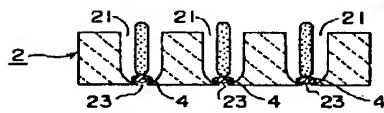
【図8】



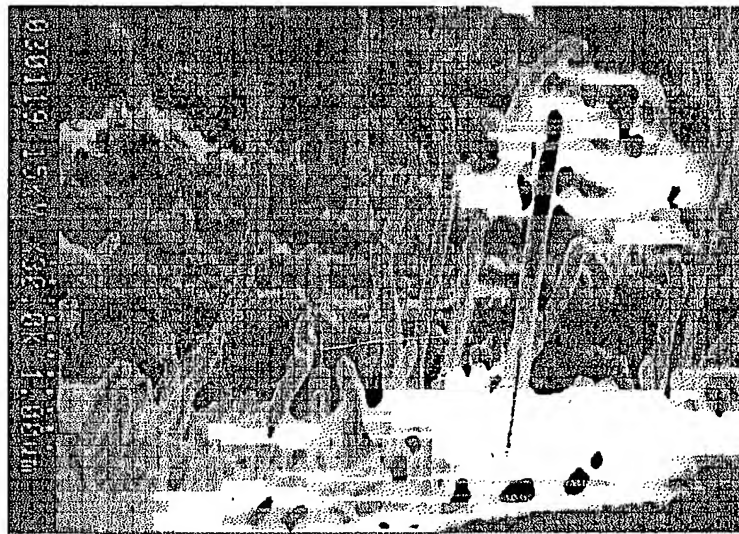
【図9】



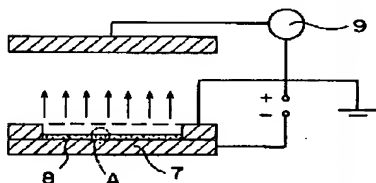
【図10】



【図11】



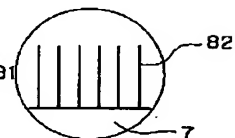
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 伊ヶ崎 文和
茨城県つくば市東1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内

(72)発明者 一坪 宏和
茨城県つくば市東1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内

(72) 発明者 湯村 守雄
茨城県つくば市東 1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内
(72) 発明者 大嶋 哲
茨城県つくば市東 1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内
(72) 発明者 内田 邦夫
茨城県つくば市東 1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内
(72) 発明者 栗木 安則
茨城県つくば市東 1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内

(72) 発明者 小松 利喜
茨城県つくば市東 1-1 工業技術院物質
工学工業技術研究所内
(72) 発明者 西阪 俊昭
大阪府大阪市淀川区三国本町 3 丁目 9 番 39
号 株式会社日本アルミ内
(72) 発明者 山田 紀久夫
大阪府大阪市淀川区三国本町 3 丁目 9 番 39
号 株式会社日本アルミ内
(72) 発明者 萩野 清二
大阪府大阪市淀川区三国本町 3 丁目 9 番 39
号 株式会社日本アルミ内
F ターム (参考) 4G046 CA02 CB08 CB09 CC02 CC03
CC06